

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODRŽIVI RAZVOJ – EKOINŽENJERSTVO

MARTINA SAČIĆ

SANIRANJE ODLAGALIŠTA

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2015.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
ODRŽIVI RAZVOJ – EKOTINŽENJERSTVO

MARTINA SAČIĆ

SANIRANJE ODLAGALIŠTA

ZAVRŠNI RAD

Mentor : mr.sc. Dragica Kemeter, pred.

ČAKOVEC, 2015.

POLYTECHNIC OF MEĐIMURJE IN ČAKOVEC

FINAL WORK

REMEDIATION OF LANDFILLS

Mentor:

mr.sc. Dragica Kemeter, pred.

Student:

Martina Sačić

ČAKOVEC, 2015.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mr.sc. Dragici Kemeter, pred. na pomoći i stručnim savjetima tijekom izrade završnog rada. Također se zahvaljujem voditelju odlagališta otpada Totovec gospodinu Miroslavu Novaku te djelatnicima odlagališta na velikoj susretljivosti i podacima koje su mi ustupili o samom odlagalištu. Hvala svim profesorima za vrijeme studija što su nam prenosili svoje znanje koliko stručno toliko i životno.

Najveća hvala mojim roditeljima na beskrajnoj podršci i poticanju tijekom studija. Hvala Saši na potpori!

Martina Sačić

SADRŽAJ:

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
SAŽETAK	IV
ABSTRACT	V
1. UVOD	1
2. ODLAGALIŠTA OTPADA PRIJE SANACIJE	2
3. SANACIJA	4
4. ONEČIŠĆENA ZEMLJIŠTA I SANACIJSKI PROGRAM U HRVATSKOJ	5
5. NAČINI I VRSTE SANACIJE	6
5.1. Sanacija odlagališta “in situ“	6
5.2. Sanacija odlagališta “ex-situ“	7
6. SANACIJA POSTOJEĆIH (NESANIRANIH) ODLAGALIŠTA	8
7. AKTIVNOSTI U SANACIJI	9
7.1. Brtvljenje (brtveni slojevi)	10
7.1.1. Uvjeti izgradnje i kvaliteta gornjeg brtvenog sloja	11
7.2. Geosintetici	11
7.2.1. Vrste geosintetika	11
7.2.2. Geosintetici i zaštita okoliša	13
7.3. Uloga sastavnih slojeva na odlagalištu	13
7.4. Postupak pokrivanja odlagališta	14
7.4.1. Zaštita pokosa humusnim materijalom i vegetacijom	16
7.5. Odvodnja oborinskih voda sa saniranog odlagališta	16
7.6. Odvodnja plinova iz tijela odlagališta	17

8. ZAVRŠNA FAZA SANACIJE ODLAGALIŠTA	18
8.1. Naknadna mjerenja na saniranim odlagalištima otpada	18
9. KRITERIJ SANACIJE	19
10. VREDNOVANJE SANACIJA I NJIHOVA REALIZACIJA	20
11. ODLAGALIŠTA OTPADA NAKON SANACIJE	22
12. SANIRANA ODLAGALIŠTA OTPADA U SVIJETU	24
13. SANIRANA ODLAGALIŠTA OTPADA U HRVATSKOJ	26
13.1. Odlagalište otpada “Totovec“	26
13.2. Sanacija odlagališta otpada “Totovec“	27
13.2.1. Funkcionalne cjeline odlagališta otpada “Totovec“	28
13.2.2. Temeljni brtveni sustav na odlagalištu otpada “Totovec“	28
13.2.3. Obodni nasip	30
13.2.4. Sustav za odvodnju procjednih voda	31
13.2.5. Sustav za odvodnju oborinskih voda	32
14. ZAKLJUČAK.....	33
15. LITERATURA	34

POPIS SLIKA

Slika 1. Deponiranje otpada, na tzv. "Divljim odlagalištima"	2
Slika 2. Shematski prikaz deponija	3
Slika 3. "Divlje odlagalište otpada"	8
Slika 4. Prekrivno brtvljenje i završni prekrivni sloj na odlagalištu	23
Slika 5. Uspješno sanirano odlagalište otpada na Malti	23
Slika 6. Odlagalište otpada na Malti nakon sanacije	24
Slika 7. Obrada otpada kod sanacije odlagališta "Totovec"	27
Slika 8. Pokrivanje odlagališta otpada "Totovec"	28
Slika 9. Odlaganje postojećeg otpada na novouređeno odlagalište	29
Slika 10. Postavljanje sustava za otplinjavanje	30
Slika 11. Obodni nasip između treće i četvrte plohe, na odlagalištu otpada "Totovec"	30
Slika 12. Bazen za procjedne vode na odlagalištu otpada "Totovec"	31
Slika 13. Bazen za oborinske vode na odlagalištu otpada "Totovec"	32

SAŽETAK

Ovim završnim radom opisala sam način sanacije odlagališta otpada. Otpad je vrlo štetna tvar ako se s njime ne postupa pravilno, a taj problem se najčešće javlja kod nesaniranih i divljih odlagališta gdje je svašta odloženo, stoga je tim odlagalištima prijeko potrebna sanacija. Cijeli postupak sanacije odlagališta otpada opisan je kako se najčešće primjenjuje u praksi te su u radu opisani načini i vrste sanacije. Navela sam materijale koje je najbolje koristiti kod provedbe sanacije, pri čemu je važno da su svi nepropusni te da se odlažu i primjenjuju tako da se ne promijene njihova svojstva. Navedeno je kako se najbolje zaštićuju podzemne vode te kako uspješno odvojiti odlagališne plinove iz otpada da ne bi nastala eksplozivna smjesa istih. U radu je opisano na koji način se procjedne vode odvajaju od oborinskih te kako se oborinske vode ponovno koriste na odlagalištu. Opisan je cijeli tijek provedbe sanacije bila ona po završetku namijenjena za ponovno primanje otpada ili za trajno zatvaranje. U radu sam se osvrnula na sanirana odlagališta otpada u svijetu te u Hrvatskoj. Ovim radom željela sam skrenuti pažnju na prijeko potrebnu sanaciju postojećih odlagališta otpada jer su odlagališta u protivnom velika prijetnja okolišu, podzemnim vodama, biljnom i životinjskom svijetu te čovjeku.

KLJUČNE RIJEČI: sanacija odlagališta, nesanirana odlagališta, otpad, provedba sanacije, monitoring, uspješno sanirana odlagališta.

ABSTRACT

With this final thesis, I described the way of doing recovery of landfills. Waste can be very harmful substance if it is not treated properly and this problem is most common on untreated and uncontrolled landfills where many things have been thrown and for those landfills, recovery is necessary. The whole procedure of recovery has been described in a way that is most common in practice, together with ways and types of recovery. I have also mentioned materials that are best to use in the process of recovery and for which some of the most important characteristics are that they are tight and that they are being hold off and used in a way that their characteristics are not being changed. It is also described how to protect subterranean waters and how to separate landfill gases successfully from waste in order to avoid explosive mixture. Thesis is also describing the procedure of separating leachate from rainwater and the way of how rainwater are being reused on landfills. It is also described the whole flow of recovery so that at the end of the flow permanent closure or new recovery could be done. In this thesis, I have also mentioned good case practices of remediated landfills in Croatia and the world. With this thesis, I wanted to put emphasis on necessary recovery of waste disposal because of the fact that it can be huge threat for environment, subterranean waters, flora, fauna and man itself.

KEY WORDS: landfill recovery, untreated landfills, waste, recovery procedure, monitoring, successfully recovered landfills.

1. UVOD

Nesanimirana odlagališta otpada predstavljaju veliku ekološku prijetnju okolišu, ponajviše površinskim i podzemnim vodama, a veliki problem je i u nastanku štetnih plinova čija je koncentracija vrlo visoka na odlagalištima. Kvalitetnom sanacijom postojećih odlagališta te izgradnjom novih uređenih odlagališta smanjujemo rizik od onečišćenja. Otpad odlagan na odlagalištima u prošlosti nije bio toliko kontroliran te se na starim odlagalištima nalaze različite vrste i koncentracije otpada, koji je, sam po sebi, vrlo aktivan, bio on odlagan u današnjici ili u prošlosti.

Gospodarski rast i rastuća potrošnja materijala rezultiraju stalnim povećanjem, količine otpada što danas predstavlja jedan od najvećih problema zaštite okoliša i svakako izravno utječe na ljudsko zdravlje i kvalitetu života. Otpad razlikujemo prema mjestu nastanka i prema svojstvima, kod čega posebnu pažnju treba posvetiti opasnom otpadu. Gospodarenje otpadom je skup aktivnosti kojima se nastoji smanjiti količina otpada, a samim time i spriječiti njegov nastanak. Za zdraviju i kvalitetniju budućnost potrebno je svjesno gospodariti postojećim količinama otpada te sa istima postupiti na odgovarajući način da bi se izbjeglo nepotrebno gomilanje otpada.

Odlagališta na kojima se nalazi otpad, a prvotno nisu bila namijenjena za tu aktivnost, potrebno je sanirati, a sanacija je preporučena i na onim odlagalištima koja su dosegla svoj maksimum odlaganjem otpada. Vrlo poželjno je zatvoriti i sanirati postojeća odlagališta te ih iskoristiti u neke nove svrhe, dok bi se novo nastali otpad trebao maksimalno uporabiti jer samim time ne dolazi do onečišćenja okoliša, što je danas izrazito jer je Zemlja sa svih strana ugrožena od neke vrste onečišćenja. Sanirana odlagališta stoga moraju imati osigurano brtvljenje s donje i gornje strane, mogućnost prihvaćanja i pročišćavanja procjednih voda te osiguran sustav otplinjavanja.

Danas su odlagališta sve složenija i sam proces izrade ili sanacije istih je puno dugotrajniji, a na kraju i skuplji jer se pri tome pokušava pripaziti na svaki detalj zaštite okoliša u blizini odlagališta.

2. ODLAGALIŠTA OTPADA PRIJE SANACIJE

Zbog sve većih ljudskih aktivnosti te zbog povećane proizvodnje, količina otpadnih tvari raste. Danas se sve više okreće reciklaži ili uporabi otpada jer se počelo shvaćati kolika je njegova važnost i koliko je štetan za okoliš ako nije zbrinut na primjeren način. U prošlosti otpad se većinom ostavljao na tzv. “divljim odlagalištima” i nije se tome posvećivala prevelika pažnja. “Organizirana” odlagališta otpada su većinom bili neki zapušteni površinski kopovi kamo bi se otpad dovodio, na njima nije postojala potrebna zaštita za okoliš, nije se brinulo za podzemne i površinske tokove, ali su količine otpada bile itekako manje. Kako su godine prolazile sve je više jačala svijest ljudi za očuvanjem okoliša, a samim time i smanjenjem “divljih odlagališta”.

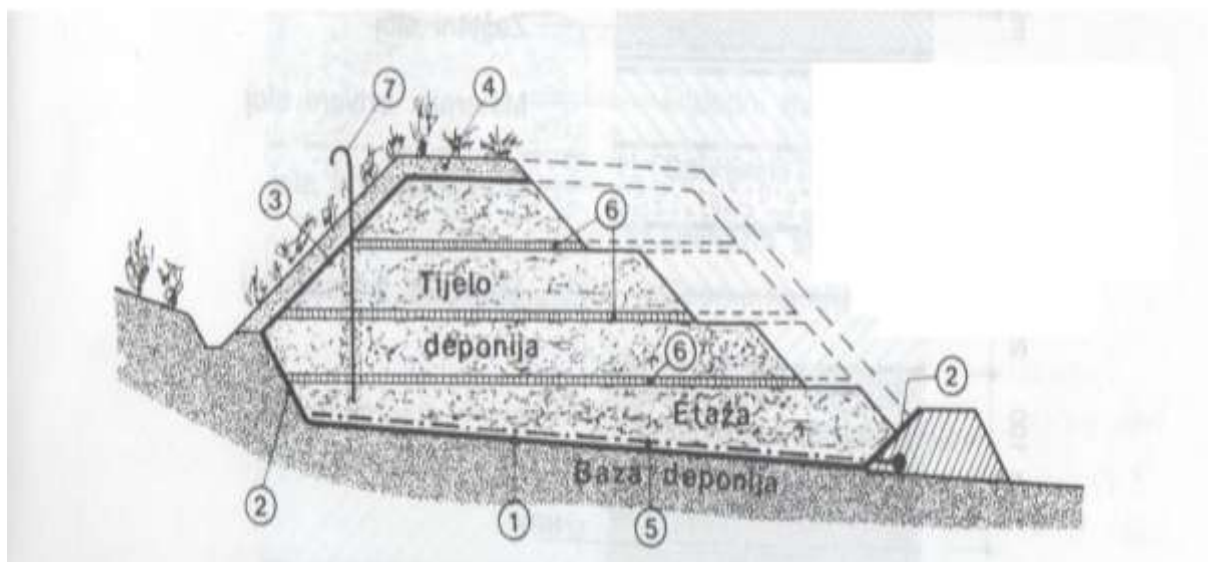
Najstariji način odlaganja otpada je deponiranje otpada, kao što je prikazano na slici 1. Njime se stvaralo vrlo opasno onečišćenje tla, vode i zraka, a dolazilo je i do velike mogućnosti od izbijanja požara i sl. Tako se s vremenom uvelo kontrolirano deponiranje otpada. Kontrolirano deponiranje otpada je od izrazite važnosti jer se otpad u tom slučaju dovodio na za to pripremljeno odlagalište, gdje je postojala podloga između okoliša i otpada.



Slika 1. Deponiranje otpada, na tzv. “Divljim odlagalištima” [2].

Na slici 2 je prikazana shema deponija. Izrada ovog deponija započela je od baze deponija na kojeg je položeno bazno brtvljenje (oznaka 1.) čime se spriječilo nekontrolirano prodiranje procjednih voda i plinova u tlo. Na samu bazu deponije položen je sustav za odvodnju procjednih voda (oznaka 5.) da iste ne bi dospjele u tlo i time ga onečistile. Uz rub deponija nalazi se bočno brtvljenje (oznaka 2.) kojem je funkcija jednaka kao i baznom brtvljenju.

Na vanjsku stranu deponije položeno je prekrivno brtvljenje (oznaka 3.) čime se sprječava nekontroliran izlaz deponijskog plina te prodor padalina. Na prekrivno brtvljenje položen je završni sloj tzv. završno prekrivanje koje se najčešće sastoji od zemljanog materijala u kombinaciji sa drenažnim slojem. Na određenu količinu otpada u tijelu odlagališta polaže se međuetajni sloj (oznaka 6.) kojim se razdvaja otpad, a debljina i raspored tih slojeva ovisi o vrsti otpada. Da bi se zbjegle moguće eksplozije na deponiji i zapaljenje otpada deponijski plinovi se odvođe sustavom za prikupljanje deponijskog plina (oznaka 7.) [1].



Slika 2. Shematski prikaz deponija.

3. SANACIJA

Sanacija (*lat.; ozdravljenje, poboljšanje*) onečišćenog tla je skup aktivnosti i radova radi uklanjanja posljedica onečišćenja tla otpadom kojem se vraćaju, ako je to moguće, njegova prirodna svojstva ili se tlo priprema za novu namjenu. Sanirana odlagališta otpada su ona odlagališta koja su izvedena prema važećim propisima i prema zakonskoj regulativi, ne ugrožavaju okoliš i imaju svu potrebnu dokumentaciju. Sanirano odlagalište može se opisati kao objekt koji je izgrađen i opremljen za trajno, kontrolirano, organizirano i sigurno odlaganje otpada.

Kod ovih odlagališta iznimno je važno da ne dođe do kontaminacije okolnog područja raznim zagađivačima iz otpada jer upravo su ova odlagališta osmišljena da spriječe takve situacije. Sustav saniranog odlagališta sastoji se od tri komponente: lokacija odlagališta, zaštitni sustav i otpad. Te tri komponente moraju biti optimalno projektirane kako bi se spriječio prodor i širenje štetnih tvari, odnosno kako bi se ono smanjilo na, za okoliš, zadovoljavajuću mjeru [1,3].

4. ONEČIŠĆENA ZEMLJIŠTA I SANACIJSKI PROGRAM U HRVATSKOJ

Prije početka postupka sanacije potrebno je odrediti koliko je lokacija odlagališta zagađena. Zagađeno zemljište na kojoj se nalazi odlagalište obično se definira kao površina na kojoj tlo, podzemna voda ili talog sadrže opasan otpad ili tvar u količinama ili koncentracijama koje prelaze koncentracije određene propisima ili preporukama, odnosno zagađenim zemljištem se smatraju ona zemljišta gdje su tlo, voda ili talog neprikladni za neku određenu namjenu. U agenciji za zaštitu okoliša postoji posebna baza podataka o svim zagađenim i potencijalno zagađenim područjima u Hrvatskoj. U ovoj bazi podataka prikupljeni su i podaci o privremenim sanacijama bile one uspješne ili ne.

U Hrvatskoj postoji oko 2000 zagađenih i potencijalno zagađenih lokacija, od kojih je oko dvjestotinjak u takvom stanju da bi se na tom području trebalo uvesti trajno promatranje terena s obzirom na položaj, visok potencijal zagađenja i vrstu tvari koje su na tim područjima u velikim koncentracijama. Dio tih lokacija je saniran, ali više je onih koja se nalaze pred sanacijom koja uključuje pripremu i odobrenje programa, sanacijsku aktivnost i upravljanje otpadom koji je rezultat cijelog postupka.

U Hrvatskoj propisi ne određuju način provođenja sanacije pa iste stoga nisu ujednačene. Najčešći problem koji se javlja kod sanacije je neodgovarajuća priprema, a problem nastaje u samom početku kod definiranja procesa sanacije ili zbog izostavljanja pojedinih koraka u postupku saniranja zbog čega nema željenih rezultata na kraju sanacije. Prema zakonu o zaštiti okoliša određeni su obveznici izrade i provedbe sanacijskog programa te su definirane obveze pri samom financiranju sanacije. Prema spomenutom zakonu osoba koja prouzroči štetu u okolišu ili je načinjena šteta bila rezultat djelovanja ili propusta, obveza operatera je ukloniti odnosno sanirati okoliš [4,5,6].

5. NAČINI I VRSTE SANACIJE

Ukoliko je zagađenje prisutno na legalnim i ilegalnim odlagalištima koja nisu pripremljena prema stručnim pravilima, dolazi do velikog problema, a to je odlučivanje o načinu sanacije. Drugi važan uvjet je tehnički i financijski dobro pripremljena sanacija jer se vrlo često dešavaju neke iznenadne situacije koje zahtijevaju financijska dobra. Sanacija mora biti prilagođena specifičnostima lokacije, štetnim tvarima i nacionalnim propisima, a to je proces koji teče u nekoliko faza. Stručnjaci su potvrdili da je prijeko potrebno dogovorno oblikovati procese sanacije da bi se pri planiranju, a posebno pri izboru načina sanacije izbjegla improvizacija, a time i podigla njena kvaliteta. Ujedno je važno odrediti cilj sanacije, odnosno odrediti u kakvom stanju treba biti cijelo područje nakon provedbe sanacije. Potrebno je odrediti i kriterije koji trebaju biti ispunjeni po završetku sanacije, kako bi se tijekom postupka moglo ocijeniti jesu li mjere sanacije ostvarile ciljeve. Izrazito je važno da se odrede i varijante sanacija jer se koriste različite tehnologije, sam tijekom saniranja traje nejednoliko, a drugačiji su i troškovi.

Bez obzira na specifičnost sanacije zbog ovisnosti o svojstvima i količini zagađujućih tvari, budućoj namjeni lokacije i sl. treba napomenuti da se na temelju Hrvatskih propisa vezanih uz zrak, vodu, tlo ili buku može uvijek ispitati kvaliteta ovih komponenti bez obzira o kojoj se vrsti zagađenja radi. Stručnjaci se zalažu da se izjednači priprema i provođenje sanacije za sve da bi se olakšalo ocjenjivanje samih rezultata sanacije i od strane struke i od strane javnosti, a smatraju da bi se time podigla i kvaliteta saniranja [1,3].

5.1. Sanacija odlagališta “in situ“

Sanacija odlagališta in situ je vrsta sanacije koja se obavlja na samoj lokaciji odlagališta otpada. Kod ove vrste sanacije prva opcija je da se uz postojeće odlagalište uredi nova ploha na kojoj će biti odložen otpad za vrijeme sanacije odlagališta. Na novo nastalu plohu potrebno je preseliti sav otpad s postojećeg odlagališta i ona će služiti i za daljnje primanje otpada ukoliko je odlagalište aktivno.

Prednost kod ove sanacije je ta što se sav otpad (sa postojećeg odlagališta i novo nastali) sada nalazi na temeljnom brtvenom sloju čime se u potpunosti uklanja mogućnost negativnog utjecaja procjednih voda na okoliš. Druga opcija kod ove metode je da se unutar odlagališta uredi nova ploha na koju će se odlagati otpadni materijal, ali se kod

ovog slučaja stari otpadni materijal ne seli na novo uređenu plohu nego ostaje na prvobitnoj lokaciji.

Kod ove se metode ugrađuju sistemi plinskih bunara za pasivno otplinjavanje te se otpad prekriva brtvenim slojem i ozeljenjuje da bi se minimaliziralo daljnje nastajanje procjednih voda, odnosno emitiranje štetnih tvari u okoliš. Nedostatak druge opcije je što ona ne predviđa uređenje temeljnog brtvenog sloja koji bi se trebao nalaziti ispod postojećeg otpada pa je velika vjerojatnost da će doći do negativnog utjecaja procjednih voda na okoliš. Velika prednost druge opcije je što se nova ploha izgrađuje unutar granica postojećeg odlagališta pa nije potreban otkup susjednih zemljišta.

5.2. Sanacija odlagališta “ex-situ“

Sanacija odlagališta “ex situ“ je metoda sanacije odlagališta otpada kod koje se kompletan otpad s postojećeg odlagališta prebacuje na neko drugo uređeno odlagalište otpada. Prednosti ove metode su te što se u konačnici postiže zbrinjavanje svog otpada uključujući i onaj prije odložen, a postojeća lokacija može biti dovedena u prvobitno stanje.

Veliki nedostatak kod ove metode je što su uvelike povećani troškovi zbog odvoza otpada iz jedne na drugu lokaciju, pogotovo ukoliko se radi o velikim količinama otpada, a lokacija za prihvrat otpada je udaljena [3].

6. SANACIJA POSTOJEĆIH (NESANIRANIH) ODLAGALIŠTA

Prije početka sanacije nekog “divljeg” odlagališta kao što je prikazano na slici 3 potrebno je izvesti istražne radove, odnosno potrebno je odrediti sastav otpadnog materijala (kvalitativno i kvantitativno), njegov volumen, koliko je zagađeno okolno tlo na samom odlagalištu i na širem prostoru kod lokacije otpada.

Izrazito je važno da se odredi kojim komponentama je tlo najviše zagađeno, nalaze li se u blizini vodene površine te koje su karakteristike okolnog tla. Svakako je potrebno odrediti karakteristike lokacije postojećeg odlagališta da bi s tim podacima lakše odredili metodu sanacije.

Vrlo važnu ulogu u samom procesu sanacije imaju i financijska sredstva, ali s dobro organiziranim planom sanacije štedi se više nego s onim slabo pripremljenim.



Slika 3. “Divlje odlagalište otpada” [11]

7. AKTIVNOSTI U SANACIJI

Cijeli proces sanacije možemo podijeliti u tri glavne aktivnosti: priprema sanacije, sanacija prema sanacijskom programu i završetak sanacije. Pri izradi sanacijskog programa potrebno je obaviti cjelovitu pripremu: odrediti stanje zagađenja lokacije i na temelju tog stanja i predviđenog korištenja lokacije u budućnosti, potrebno je identificirati dionike, odrediti cilj sanacije, odabrati kriterije sanacije, definirati kriterije vrednovanja varijanti sanacije te izraditi sanacijski program. Prije početka sanacije potrebno je prikupiti sve potrebne dozvole i suglasnosti nadležnih institucija, koje su nam nužne za početak sanacije. Organizacija koja ja ovlaštena za rad na lokaciji mora provesti istraživanja o lokaciji da bi prikupili sve postojeće podatke o istoj (uključujući osnovni fizički opis lokacije te prošle ali i postojeće djelatnosti na lokaciji), o zagađenju na lokaciji (na temelju provedenih istražnih mjerenja mora biti jasno o kojim se vrstama opasnih tvari radi, koja je razina zagađena lokacije te koliki je opseg zagađenja). Istraživanje lokacije provodi se u dvije faze (osobito ako se radi o opasnim tvarima ili velikom opsegu zagađenja). Prvotno se utvrđuje vrsta, razina i opseg zagađenja te potencijalni izvori zagađenja. Potrebno je izraditi procjenu rizika na ljudsko zdravlje i okoliš. Podaci koji su dobiveni na temelju istražnih radova moraju se upotrijebiti kao ulazni parametri u procjeni utjecaja zagađenog područja na pojedinca i elemente okoliša.

Prije početka procesa sanacije potrebno je odrediti dionike koji će biti obuhvaćeni u ovom procesu te definirati njihove uloge i odgovornosti. Svakako je potrebno uključiti i zainteresiranu javnost da se osigura najbolje zajedničko rješenje. Dionici moraju biti detaljno informirani o tijeku radova sanacije, o samoj sanaciji te o otpadu koji će nastati postupkom sanacije. Sanaciju je potrebno provesti minimalno do te mjere da se smanji ili ukloni zagađenje u toj mjeri da novonastala površina može biti iskoristiva. Ovisno o ostvarenoj razini sanacije (je li ista obavljena djelomično ili potpuno u odnosu na kriterije) iskorištavanje novonastale površine može biti potpuno ili djelomično. Glavni cilj sanacije je vratiti okoliš u prvobitno stanje gdje nema štetnog djelovanja te da se omogući njegova prijašnja namjena. Cilj sanacije može biti i ostvarivanje uvjeta na lokaciji (ili nekom njenom dijelu), spriječiti ili smanjiti buduće štetne utjecaje i omogućiti ograničeno korištenje. Odnosno odrediti cilj sanacije znači ustanoviti u kakvom stanju mora biti lokacija po završetku sanacije ili za što će biti namijenjena.

7.1. Brtvljenje (brtveni slojevi)

Brtvljenje zagađene zone zemljišta podrazumijeva izradu specijalnih izolacijskih pregrada koje sprječavaju prodiranje štetnih tvari iz samog tijela odlagališta u okolno tlo a time i u podzemne vode. Postupak brtvljenja najčešće se koristi za sanaciju starih odlagališta otpada koja prvotno nisu uopće bila pripremljena za tu namjenu. Najvažniji dijelovi svakog uređenog odlagališta su brtveni slojevi, drenažni sustav za odvodnju procjedne tekućine te sustav za otplinjavanje.

Brtvljenje odlagališta je vrlo važno jer predstavlja stvaranje nepropusne granice između odloženog materijala i okoliša. Sustav i način brtvljenja ovisi o uvjetima i potrebama lokacije odnosno vrsti samog otpada. Pokrovni brtveni slojevi su dijelovi pokrovnog sustava, a sprječavaju prodiranje oborinskih i drugih voda u samo odlagalište, sprječavaju širenje štetnih plinova iz odlagališta u atmosferu. Uz nepropusne barijere gornji brtveni slojevi još se sastoje i od propusnih slojeva. Svrha nepropusnih slojeva je da sprječavaju prodiranje oborina i drugih voda u tijelo odlagališta, dok je svrha propusnih slojeva da rasterete brtvene slojeve odvodnjom procjedne vode, tj. oborina i da sakupljaju plinove.

Za ugradnju u pokrivne brtvene slojeve najpogodniji materijali su; glina i mješavina gline s drugim materijalima (kao prirodni nepropusni materijal), propusni prirodni materijal (šljunak), geosintetici (geomembrana, geotekstil, geomreže, geokompoziti). Osim pokrovnog na odlagalištima postoje i temeljni te bočni sustavi. Njihova uloga je isto tako važna na uređenom odlagalištu jer ti sustavi sprječavaju prodor procjedne tekućine iz tijela odlagališta prema temeljnom tlu, a samim time i prema podzemnim vodama. Brtveni sustav izrazito je bitan kod sanacije odlagališta jer omogućuje stvaranje nepropusne prepreke između odloženog materijala i vanjskih utjecaja, a time i okoliša.

Posebna pažnja treba se posvetiti geosinteticima koji su neizostavni dio brtvljenja. Geosintetike koristimo za izgradnju pokrovnih slojeva, a najčešće koristimo geomembrane, a po potrebi geomreže i geokompozite.

7.1.1. Uvjeti izgradnje, i kvaliteta gornjeg brtvenog sloja

Kvaliteta gornjeg brtvenog sloja od iznimne je važnosti, pri čemu je bitno da se odabere prikladan materijal za brtvljenje te se posebna pažnja mora posvetiti i njegovoj ugradnji. Važno je da brtveni sloj bude iznimne kvalitete jer se njime stvara nepropusna barijera za štetne plinove koji dolaze iz tijela odlagališta. Ukoliko je brtveni sloj kvalitetno izrađen smanjuje se mogućnost procjeđivanja voda koje dolaze iz okoliša ili atmosfere. Voda koja dospije u tijelo odlagališta postaje kontaminirana i iznimno ju je teško ukloniti, zbog toga je važno da se zaustavi infiltracija vode s površine u samo tijelo odlagališta i time uvelike smanjujemo rizik od zagađenja podzemnih voda [1,3,7].

7.2. Geosintetici

Geosintetici su jedna od ključnih sastavnica kod izvedbe sanacije odlagališta, ali je vrlo važno da se na početku upoznaju svojstva terena, kemijske, fizikalne i biološke karakteristike na terenu da bi se moglo odlučiti koju vrstu geosintetika koristiti.

7.2.1. Vrste geosintetika

Geomembrane su savitljive i nepropusne folije, a predstavljaju barijeru protjecanju fluida. U slučaju pokrovnog brtvljenja geomembrane onemogućavaju procjednim vodama da dođu do tijela odlagališta i time sprječavaju isparavanje plinova u okoliš. Za brtvljenje kod odlagališta otpada najčešće se koriste polietilenske geomembrane visoke gustoće, do 960kg/m³ i debljine do 3mm. Za geomembrane koje se nalaze u gornjem brtvenom sustavu važno je da imaju dobru otpornost na mehaničke utjecaje korijena vegetacijskog završnog sloja. Za brtvljenje odlagališta najčešće se koriste sintetičke geomembrane, pri čemu pažnju treba posvetiti samoj trajnosti geomembrane prema visokim temperaturama zbog procesa razgradnje otpada.

Važno je i obratiti pažnju na geomembrane koje služe za bočno i bazno brtvljenje gdje njihov pregled i popravak nisu mogući. Kod izrade projekta važno je da se obrati pažnja na onemogućivanje vlačnih naprezanja u geomembrani jer se ista redovito javljaju kao posljedica većih diferencijalnih slijeganja. Ukoliko se ustvrdi da će doći do većih diferencijalnih slijeganja otpada, geomembranu je potrebno ojačati s geosintetikom ili geomrežom odnosno potrebno je primijeniti odgovarajući geokompozit membrane s mrežom. Spajanje pojedinih folija geomembrane izvodi se na dva načina: varenjem ili lijepljenjem. Metoda lijepljenjem koristi se samo kada metoda varenjem nije moguća.

Kod polaganja geomembrane važno je da je površina isplanirana i da nema oštih bridova, mora se odrediti položaj pojedinih folija, potrebno je da je način spajanja folija propisan (lijepljenjem ili varenjem) te se građevinski strojevi i mehanizacije ne smiju kretati neposredno preko geomembrane. Nakon postavljanja geomembrana potrebno je izvršiti kontrolu na istima. Rezultat mora biti besprijekorno postavljene geomembrane i potrebno je imati: pregled čitave površine geomembrana (da bi utvrdili eventualna oštećenja), pregled mehaničke otpornosti i nepropusnosti svih slojeva te ukoliko je potrebno treba izvršiti popravak svih nepravilnosti folije i spojeva.

Geotekstil je definiran kao propusni materijal, a proizveden je od sintetičkih vlakna. Sintetička vlakna imaju više funkcija u samim odlagalištima otpada: razdvajanje slojeva, ojačanje i filtriranje. Kod primjene geotekstila na odlagalištu izrazito je važno da je isti trajno otporan na povišene temperature i kemijske utjecaje. Ukoliko je na odlagalištu prisutna velika koncentracija organski i biološko aktivnog otpada treba provesti sustavnu studiju očekivanog razvoja mikroorganizama jer prevelika količina istih može dovesti do začepjenja geotekstila. Geotekstil u funkciji dreniranja ne dolazi kao samostalni element već se pojavljuje kao filtarska zaštita za mineralni drenažni sloj. Geotekstil se često koristi kao zaštita za geomembranu kako bi se spriječilo njeno mehaničko oštećenje. Prema načinu proizvodnje može biti tkani ili netkani. Geotekstil nije uobičajeno spajati, već se isti polaže kontinuirano poklapanjem.

Geomreže mogu postojati kao samostalni elementi ili kao sastavni dio geokompozita. U tom slučaju služe kao ojačanje na odlagalištima. Geomreže su geosintetici sa otvorenom mrežastom građom, a primjenjuju se na odlagalištima sa svrhom ojačanja. Geomrežama se postiže dugotrajna stabilnost brtvenog sustava, a najznačajnije su kod nagnutih kosih pokrovnih brtvenih slojeva zbog mogućnosti klizanja.

Geokompoziti su tvornički proizvedene kombinacije različitih geosintetika. Kod odlagališta otpada služe kao bolja zaštita od oštećenja geomembrane, za bolje ojačanje te za preuzimanje većih naprezanja. Geokompoziti se dijele na: geomembranu s geotekstilom, geomembranu s geomrežom, geotekstil s geomrežom, kombinaciju navedenih geosintetika ili nekih drugih materijala.

7.2.2. Geosintetici i zaštita okoliša

Geosintetici u okolišu imaju važnu ulogu jer služe kako bi zaštitili podzemne vode i otvorene tokove od onečišćenja. Kod odlagališta otpada geosintetici služe da bi razdijelili otpad od propusnih slojeva te spriječili mogućnost prolaska procjednih voda u podzemne vode. Geosintetici zaštićuju i zrak jer se njihovom primjenom na odlagalištu omogućuje kontrola emisije odlagališnih otpadnih plinova, može se vršiti njihovo prikupljanje a time i prerada. Primjena geosintetika na odlagalištu otpada je različita, a ovisi o tome primjenjuju li se geosintetici odmah kod izrade novih odlagališta, već na postojećim odlagalištima ili se desila neka iznenadna nesreća koja može utjecati na okolinu (pucanje cjevovoda, pukotine u spremnicima i sl.). Bez obzira što je princip postavljanja geosintetika u sva tri primjera različit, svrha je relativno jednaka. Bitno je da se stvori trajna nepropusna podloga između zagađenja i vode ili tla koje treba zaštititi.

Kod sanacije odlagališta otpada kao zaštita najčešće se primjenjuje geomembrana, a mogu se upotrebljavati i geotekstil i geomreže. Geotekstil se primjenjuje kao zaštita geomembrane od mehaničkih oštećenja te da bi se osigurala stabilnost drenažnih slojeva. Uloga geomreže je prihvaćanje većih opterećenja ukoliko se ona ne mogu izbjeći konstrukcijskim rješenjem. Da bi se odlučili koju vrstu geosintetika primijeniti na nekom odlagalištu potrebno je poznavati mehanička, fizikalna i kemijska svojstva lokacije, utjecaje kojima će geosintetici biti izloženi tijekom izgradnje i za vrijeme djelovanja odlagališta te kojim će izvorima onečišćenja biti izloženi. Izrazito je važno da se ova ispitivanja provedu korektno da bi izbjegli dodatne troškove zbog kasnijih popravaka ili eventualne rekonstrukcije.

7.3. Uloga sastavnih slojeva na odlagalištu

Tijelo odlagališta je važno jer prenosi opterećenje pokrovnih slojeva, uz minimalna diferencijalna slijeganja. Ukoliko je potrebno može se primijeniti dinamičko zbijanje materijala, ali najčešće je dovoljno da se koristi odgovarajuća tehnologija odlaganja otpada. Stabilizirajući sloj na odlagalištu može biti od pjeskovitog ili šljunkovitog materijala. Funkcija stabilizirajućeg sloja je da ravnomjerno raspodjeli opterećenja prilikom samog zbijanja tijela odlagališta. Zbog stabilizirajućeg sloja ne dolazi do miješanja materijala pokrovnog brtvljenja i materijala tijela odlagališta, a samim time dolazi do olakšane migracije odlagališnog plina.

Ventilacijski sloj koji se sastoji od lomljenog kamena ili šljunka ima izrazitu važnost jer prihvaća plinove koji nastaju razgradnjom otpada. Plinovi se odvođe u sustav za otplinjavanje te se tako osigurava filtarska stabilnost mineralnih brtvenih slojeva.

Mineralni brtveni slojevi sastavljeni su od gline, a upravo taj sastav sprječava procjeđivanje oborinskih voda u tijelo odlagališta te nekontroliranu emisiju odlagališnog plina u atmosferu. Uloga mineralnih brtvenih slojeva je i ta da smanjuju utjecaj slijeganja na naprezanja u geomembrani. Geomembrana služi za sprječavanje procjeđivanja oborinskih voda u tijelo odlagališta te nekontroliranu emisiju odlagališnog plina u atmosferu. Drenažni sloj koji se sastoji od lomljenog kamena i šljunka odvodi procjedne, oborinske i sve druge vode i samim time smanjuje i hidrostatski tlak na brtvene slojeve te povećava stabilnost pokosa na onim područjima gdje je odlagalište u nagibu. Rekultivirajući sloj koji se sastoji od krupno i sitnozrnatih materijala ima funkciju štititi geomembranu od oštećenja korijenima vegetacije, ali i zadržava vodu za potrebe iste. Slojevi geotekstila štite geomembranu od oštećenja, a služe i da bi razdvojili slojeve različitog sastava i namjene. Time osiguravaju filtarsku stabilnost drenažnih slojeva [1].

7.4. Postupak pokrivanja odlagališta

Pokrivanje odlagališta od velike je važnosti, a mora se vršiti prema propisima koji su prethodno definirani. Time se uvelike smanjuju troškovi, a okolina će se zaštititi od mogućeg nepoželjnog djelovanja otpada. Pokrivanje odlagališta je složen proces, a treba se obaviti konkretno i odgovarajuće. Kod postupka pokrivanja odlagališta započinje se postavljanjem stabilizirajućeg (tzv. pokrovnog) sloja koji se sastoji od pjeskovitih ili šljunkovitih komponenti. Stabilizirajući sloj stavlja se direktno na odloženi otpad, a ima funkciju da spriječi miješanje otpada sa materijalom ostalih pokrovnih slojeva. Nakon stabilizirajućeg, na postojeće odlagalište, postavlja se drenažni sloj. Glavne sastavnice ovog sloja su lomljeni kamen ili šljunak, može se koristiti šljunak u kombinaciji sa geotekstilom ili posebna vrsta geotekstila. Odabir ovih materijala ovisi o propisima koji su doneseni prema vrsti i sastavu odlagališta.

Ukoliko će se mineralni drenažni sloj koristiti za odvodnju oborinskih voda, u tom slučaju postaviti će se mehanički savijen, netkan geotekstil umjesto zaštitnog sloja šljunka ili lomljenog kamena. Da bi izbjegli značajne deformacije geomembrane u samom procesu postavljanja i kako bi osigurali dugotrajnu zaštitu, poželjno je koristiti netkani geotekstil koji ima gustoću mase veću od 800g/m². U samom sustavu za pokrivanje odlagališta sustav

za odvodnjavanje geotekstilom može efikasno prenijeti i usmjeriti oborinske vode prema kolektoru ili točki za odvodnjavanje. Važno da postoji ispravan sustav za odvodnjavanje jer on smanjuje količinu stajaće vode na samom elementu za brtvljenje čim se povećava efikasnost sloja, a time i stabilnost sustava za pokrivanje odlagališta. Sustav za odvodnjavanje geotekstilom sastoji se do tri sloja.

Prvi sloj čini filter, netkani geotekstil koji štiti drenažni sloj od prevelike količine vode. Drugi sloj je sloj za drenažu (odvodnjavanje), a svrha mu je da prenese vodu do kolektora (šljunka, pijeska). Treći sloj je netkani sloj za filtriranje i zaštitu, a služi kao filter tj. kao sloj koji odvaja mineralne dijelove i kao zaštita za geomembranu. Spajanjem ova tri sloja osigurava se jednoliki prijenos slike smicanja unutar sustava drenaže (odvodnje).

Geotekstil također može koristiti za ventiliranje plinova i za zaštitu slojeva (osobito geomembrane) u sustavu pokrivanja odlagališta. Nakon drenažnog sloja vrši se polaganje prirodne gline (u minimalno dva sloja, debljina svakog sloja je oko 25cm) ili se vrši polaganje geosintetičkog glinenog sloja. Kompaktni sloj prirodne gline izrazito je težak sloj, ali i vrlo skupi. Glineni brtveni sloj mora biti kompaktan te je zbog toga potrebno izvršiti najmanje pet prolaska s opremom za kompaktiranje. Zadnji sloj potrebno je glatko uvaljati s odgovarajućim glatkim čeličnim valjcima da se dobije glatka površina bez izbočenja i udubljenja.

Geosintetički glineni materijali koriste se u predjelima gdje se ne mogu izgraditi prirodne hidrauličke barijere. Kada se postavi geosintetički materijal vlaži se postojećom vlagom u zemlji i na taj način predstavlja slabo propusnu barijeru. Geosintetički glineni materijali su kod pokrivanja odlagališta izbušeni iglama po cijeloj površini te su samim time sposobni da prenose sile smicanja na pokosima u više smjerova, a time se zadržava sposobnost brtvljenja po velikim izduženjima i pod različitim uvjetima izvedbe slojeva sustava prekrivanja odlagališta. Geosintetički glineni sloj puno je jednostavniji za izradu u odnosu na kompaktni glineni pokrivač, a time i jeftiniji.

Nakon postavljanja prirodne gline ili geosintetičkog glinenog materijala na ove slojeve postavlja se folija odnosno geomembrana. Geomembrana mora imati fizičku i kemijsku otpornost jednaku onoj koja se postavlja na samoj bazi odlagališta. Geomembrane pokrovnog sustava uspješno su provjerene na otpornost prema mnogim kemijskim utjecajima iz okoline i prikladne su za izgradnju sustava za brtvljenje kod pokrivanja

odlagališta. Strukturirane ili teksturirane (npr. hrapave) geomembrane koriste se da bi se povećao prijenos sile smicanja između susjednih komponenti.

Kod povoljnih uvjeta osigurava dugotrajna stabilnost. Vrlo često se na glineni sloj stavlja geotekstil da se zaštiti geomembrana. Na geomembranu se po potrebi postavlja geomreža koja tada ima funkciju da ojača pokrovni brtveni sustav. Geomreža može podnijeti veliko opterećenje pri samoj instalaciji, a isto tako može izdržati velike sile kada je prisutno malo deformiranje mreže. Na velikim strminama ili drugim kosinama na odlagalištu geomrežu možemo koristiti za povećanje stabilnosti slojeva pokrovnog brtvljenja.

Završni sloj sastoji se od zemlje na koju sadimo travu ili drveće (vegetacijski sloj). [1,7].

7.4.1. Zaštita pokosa humusnim materijalom i vegetacijom

Humusnim materijalom i vegetacijom zaštićuju se površine izložene eroziji. Ukoliko se na nekom području pojavi nestabilan pokos na kojem su izražena plitka površinska klizanja potrebno ga je sanirati prije polaganja zaštite. Ispod sloja trave polaže se podloga od aktivnog humusa koji ne sadrži dodatke pijeska, šljunka, kamena, korijenja, granja i sl. Isti se nanosi u jednom sloju, ali ne tanjem od 10 cm. Naneseni humus potrebno je lagano zbijati nabijačem ili nekim drugim alatom. Na uređenu podlogu humusa sije se trava koja se odabire s obzirom na vrstu i vlažnost tla. [3,7].

7.5. Odvodnja oborinskih voda sa saniranog odlagališta

Oborinske vode nisu otpadne vode te stoga s njima treba drugačije gospodariti nego s otpadnim. Oborinske vode su vode koje se infiltriraju u pokrovne slojeve i sakupljaju se u drenažnom sloju pokrovnog sustava te se odvede u sustav za odvodnju. Oborinske vode s odlagališta, pokrovnih brtvenih sustava, nekorištenih ploha odlagališta i s ostalih površina na odlagalištu na kojima nema mogućnosti doticaja oborina s otpadom, prikupljaju se u obodni kanal oko cijelog odlagališta. Te vode se mogu koristiti za pranje prometnica, u protupožarne svrhe ili ih možemo ispustiti u prijemnik. Vrlo je važno da se stalno kontroliraju količine i sastav tih voda, pa stoga pažnju treba obratiti i na čistoću obodnih kanala. Ukoliko se odlagalište zatvori, sustav odvodnje ovih voda treba ostati u funkciji te isto tako treba biti čist i održavan.

7.6. Odvodnja plinova iz tijela odlagališta

Deponijski plin je izrazito opasan jer predstavlja opasnost od požara i eksplozija, opasnost za zdravlje ljudi te štetno djeluje na atmosferu. Količina i sastav odlagališnog plina mijenja se s vremenom, a ovisi o gustoći otpada, njegovoj starosti, klimi, temperaturi i kemijskoj aktivnosti. Najčešće prisutni plinovi na odlagalištu otpada su: metan, ugljični dioksid, dušik, kisik, vodena para, ostalo (štetne tvari).

Odvodnja plinova iz tijela odlagališta ne vrši se kod same sanacije već se treba vršiti dnevno, kod dnevnih prekrivanja odlagališta i formiranja etaža. Etaže se trebaju odvajati međuetaznim slojevima na koje se odlaže otpad. Međuetazni slojevi djeluju kao unutarnja drenaža i provodnik odlagališnog plina. Da bi se osigurala filtarska stabilnost potrebno je ispod i iznad unutarnjeg drenažnog sloja ugraditi geotekstil. Količina razvijenog odlagališnog plina ovisi o sastavu odloženog otpada.

Najviše pažnje potrebno je posvetiti plinovima koji se stvaraju prilikom razgradnje organskih tvari na odlagalištu jer oni mogu posredno ili neposredno utjecati na okoliš. Ukoliko se na odlagalištu nalaze veće količine i slaba je propusnost otpadnog materijala, može doći do potrebe za izgradnjom sonde za evakuaciju plina, čime će se omogućiti otplinjavanje tijela odlagališta. Sustav za otplinjavanje sastoji se od niza vertikalnih ili vertikalnih i horizontalnih dijelova (cijevi, propusni slojevi tla) koji zahvaćaju plin u otpadu i iznad otpada te ga kontrolirano odvođe na površinu odlagališta [1,3,7].

8. ZAVRŠNA FAZA SANACIJE ODLAGALIŠTA

Nakon što je odlagalište sanirano, potrebno je riješiti pitanje njegove daljnje namjene. Na saniranom odlagalištu ponajprije je potrebno stvoriti vegetacijski pokrov. Ozelenjivanje odlagališta je veliki problem jer prilikom slijeganja slojeva može doći do pucanja pokrovnih slojeva i prodiranja plinova koji bi mogli loše utjecati na biljke. Za ozelenjivanje najčešće se upotrebljava trava, nisko grmlje, a u nekim slučajevima i drveće.

Najčešći odabir za sadnju drveća je kanadska topola jer uspijeva na pjeskovitom i na glinenom tlu. Sadržna drveća izvršit će se samo u slučajevima kada postoji izrazito velika količina rekultivirajućeg sloja te je dobro izveden pokrovni sustav koji neće korijenju biljaka omogućiti prodor u donje slojeve i time ih oštetiti. Da bi odredili sastavnice vegetacijskog sloja potrebno je posebnu pažnju obratiti na okolnu floru, klimatske uvjete koji prevladavaju na tom području te moguću izloženost nepovoljnim uvjetima na odlagalištu (utjecaj odloženog materijala na floru).

Ukoliko se nakon sanacije na odlagalištu odluči za izgradnju nekog objekta, potrebno je provesti brojna ispitivanja na terenu jer otpad ima sasvim drugačija svojstva od ostalih materijala na kojima se inače vrši gradnja. Najviše pažnje treba posvetiti samom slijeganju terena zbog opterećenja određene građevine, stoga je najbolje izgraditi neki lagani i jednostavni objekt (hale, skladišta, igrališta, sportske terene i sl.) [1,3,7,9].

8.1. Naknadna mjerenja na saniranim odlagalištima otpada

Nakon saniranja odlagališta potrebno je na istome vršiti monitoring (naknadna mjerenja) da bi utvrdili funkcionira li odlagalište na onaj način kako je bilo zamišljeno kod projektiranja i osigurava li sve propisane standarde. Ispitivanja se vrše na sljedeće komponente: razinu fluida, razinu podzemne vode, procjeđivanje filtrata, količinu odlagališnog plina (plin koji se nalazi u tijelu odlagališta, te monitoring zraka odlagališta), kvalitetu podzemne vode oko lokacije, stabilnost pokrovnog sustava (diferencijalno slijeganje, formiranje kliznih ploha i sl.) [1,9].

9. KRITERIJ SANACIJE

Ovisno o razini provedbe sanacije, lokacija na koji se provodila ista može biti prikladna za predviđenu namjenu uz neka ograničenja ili bez njih. Postoje tri pristupa za određivanje ciljeva sanacije: čišćenje do razine uvjeta koji su prisutni na obližnjem okolišu, čišćenje prema nastanku (odnosi se na tlo podzemne površinske vode, zrak te sedimente) i čišćenje prema procjeni rizika s obzirom na provedene uvjete na lokaciji.

Utvrđivanjem kriterija sanacije određuje se uspješnost njezina provođenja. Na temelju postavljenih kriterija u raznim fazama sanacije može se odrediti jesu li mjere ostvarile svoj cilj. Kriteriji sanacije se određuju tako da je sasvim jasno kako je njihovim ostvarenjem lokacija odgovarajuće sanirana te da ne postoji moguća opasnost na ljudsko zdravlje. Da bi uopće odredili kriterije sanacije potrebno je prikupiti sve bročane podatke na toj lokaciji. Ukoliko su kriteriji ispunjeni i to isto je potvrđeno istraživanjima i mjerenjima područje se može iskoristiti i nisu potrebne daljnje aktivnosti na ovoj lokaciji.

Izbor kriterija sanacije je vrlo složen proces jer se ne može izravno povezati s uporabom propisanih graničnih vrijednosti odnosno ukoliko se sanacijom zagađenog područja smanjila opasnost za zdravlje ljudi i došlo je do poboljšanja okoliša, istodobno može doći do znatnog povećanja troškova i različitih drugih problema na tom području i u njegovoj okolini. Upravo iz ovih razloga kriteriji sanacije na nekim područjima su specifični, a određuje ih opasnost od zagađenja te gospodarska i slična ograničenja. Tada se umjesto razina određenih propisima one trebaju zasnivati na ocjenama, opravdanosti i na najvećoj zaštiti. Ukoliko dođe do takve specifične situacije potrebno je prikazati da su učinci sanacije vrijedniji od troškova, izlaganja radnika štetnim tvarima i svim drugim mogućim štetnim utjecajima. Sve varijante sanacija imaju cilj zaštitu zdravlja te sigurnost ljudi i okoliša. Izbor vrste sanacije ovisi o ciljevima sanacije, geološko-hidrološkim svojstvima, razini i količini zagađenja, vrsti i svojstvima štetnih tvari, raspoloživim mogućnostima te o postojanju drugih lokacija za odlaganje. Svakako je vrlo važno napomenuti da se kod sanacije uvažava primjenjivost tehničkih rješenja i sociološki-gospodarski uvjeti [1,3,9].

10. VREDNOVANJE SANACIJA I NJIHOVA REALIZACIJA

Postoji više metoda vrednovanja sanacije, a pojedine se varijante procjenjuju ponajprije s financijskoga, a potom i društvenog stajališta i stajališta zaštite okoliša. Stoga se predlaže da sanaciju odredi investitor prema vlastitim potrebama i mogućnostima. Izbor najbolje sanacije može se provesti višekriterijskom analizom koja uključuje kvalitativnu analizu sanacije (prednosti, manjkavosti i opću ocjenu), rangiranje kriterija prema pogodnostima za ukupnu uspješnost (financijska, vremenska, okolišna i društvena gledišta) te usporedbu i vrednovanje različitih varijanti prema odabranim odlučujućim vrijednostima. Kriteriji nejednako utječu na određivanje strategije jer su neki važniji pa im se mogu dodjeljivati dodatne vrijednosti. Kvaliteta rangiranja sanacijskih mogućnosti provjerava se statističkim testom čime se određuje izbor najbolje metode sanacije.

Projektни zadatak za sanacijski program mora odrediti stanje zagađene lokacije, dionike, cilj i kriterije sanacije te kriterije vrednovanja njezinih varijanti. Posebnost svakoga zagađenog područja (količina štetnih tvari, veličina kontaminacije i geologija) utjecat će na broj postupaka i složenost djelovanja. Usto su moguća dva temeljna tipa sanacija – uklanjanje izvora zagađenja ili mijenjanje putovanja njegova rasprostiranja. Kad se uklanja izvor zagađenja područje se može iskorištavati bez daljnjih ograničenja, a kad se sanacija odnosi na promjenu putova širenja, područje se može iskorištavati uz odgovarajuća ograničenja (primjerice uz neki oblik institucionalne kontrole ili uz ograničeno vrijeme). Kada su obavljene sve pripreme i kada se zna cilj te je ustanovljeno stvarno stanje zagađenja, slijedi ishodenje potrebnih dozvola i suglasnosti nadležnih institucija, što je nužno za početak sanacije.

Temeljni dokument za sanaciju zagađenih lokacija je program sanacije kojim se, između ostalog, predlažu moguće varijante i preporučuje najbolja. Potom se program sanacije daje na ocjenu Ministarstvu zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, a ono može, zbog posebnosti sanacije i složenosti zahvata, naložiti izvođaču radova izradu studije (elaborata) utjecaja na okoliš. U studiji će se potanko navesti utjecaji na okoliš i mjere za smanjivanje štetnih utjecaja (ponajprije buka, prašina, odlaganje otpada i sl.) odabrane varijante. Ministarstvo se potom o svemu očituje i daje suglasnost. Ako to nije učinjeno u programu sanacije ili studiji, Ministarstvo može od izvođača radova zatražiti projekte s potankim opisima sanacije, a to će biti podloga za potrebu ishodenja lokacijske

ili građevinske dozvole. Ako se pri sanaciji ne mijenja namjena odnosno lokacijski uvjeti prostora, može se pretpostaviti kako te dozvole neće biti potrebne. Nakon pripreme, izbora najbolje varijante te izrade i odobrenja programa počinje izvođenje sanacije. Ovisno o cilju, sanacijom će se u cijelosti ukloniti izvor zagađenja ili će se promijeniti putovi njegova rasprostiranja.

Nakon završetka vrednuje se uspješnost usporedbom rezultata sanacije sa sanacijskim kriterijima. Ako kriteriji sanacije nisu potpuno zadovoljeni, razmatra se opravdanost daljnje sanacije i u skladu s tim primjenjuje nova sanacijska metoda ili ograničava iskorištavanje lokacije. Nakon svake od sanacijskih aktivnosti razmatra se stanje i odlučuje o tome dopušta li se ograničeno ili neograničeno iskorištavanje cijelog ili dijela područja ili se nastavlja sa sanacijom. Pritom je važno da se o ostvarenoj razini sanacije odlučuje prema unaprijed određenim kriterijima. U svakom slučaju onaj tko je odgovoran za sanaciju (najčešće zagađivač) mora se na kraju očitovati o ostvarenoj razini u odnosu na zadane kriterije. Kada su promatrane razine smanjene, ali su još uvijek iznad kriterija, postupak sanacije može se ponavljati sve dok se ne ostvari zahtijevana vrijednost.

Ako kriteriji nisu ostvareni, nadležno tijelo državne uprave treba odrediti je li daljnja sanacija opravdana odnosno može li se to područje iskorištavati uz ograničenja. Kada je opravdana, proces se nastavlja pa time sanacija postaje učestala. Razumijevanjem i provođenjem postupka sanacije kao složenoga sustava s jasno određenim elementima osigurava se cjelovitost postupka, olakšava se praćenje njezina tijeka i izbjegavaju propusti te omogućuje vrednovanje rezultata. Takvim pristupom, bez obzira na vrstu i opseg zagađenja, može se znatno kvalitetnije izvoditi svaka sanacija.

11. ODLAGALIŠTA OTPADA NAKON SANACIJE

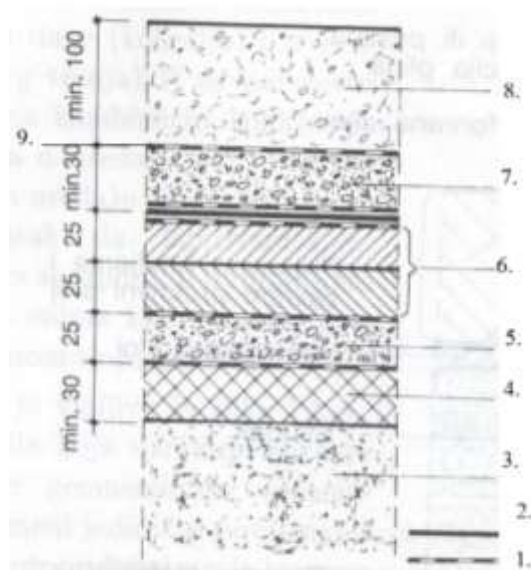
Kada dolazi do prekrivanja postojećeg odlagališta otpada mora se uzeti u obzir da se sada slojevi brtvljenja polažu na otpad koji na prvu djeluje kao baza koja je stabilna, ali s vremenom najčešće dolazi do slijeganja. Da bi izbjegli moguće posljedice potrebno je na postojeće odlagalište određenim redom položiti odgovarajuće elemente.

Na slici 4 prikazano je da je otpadni materijal položen na nepropusnoj foliji (geomembrani), a na njega je položen stabilizirajući sloj (oznaka 3.) koji se sastoji od građevinskog otpada ili od materijala koji je ostao nakon iskopa terena. Svrha stabilizirajućeg sloja (oznaka 4.) je da rasporedi opterećenje po cijeloj površini, da spriječi miješanje pokrovnog brtvljenja s materijalom iz samog tijela odlagališta. Ventilacijski sloj (oznaka 5.) prihvaća plinove koji nastaju tijekom razgradnje otpada te iste odvodi u sustav za otplinjavanje, a samim time osigurava filtarsku stabilnost mineralnih brtvenih slojeva.

Mineralni brtveni slojevi (oznaka 6.) služe da bi spriječili procjeđivanje oborinske vode u tijelo odlagališta da ne dolazi do nekontrolirane emisije deponijskog plina u atmosferu, a svrha im je i da smanje utjecaj slijeganja na naprezanja u geomembrani. Pri samom vrhu nalazi se još jedan sloj geomembrane (oznaka 9.) koji sprječava procjeđivanje oborinske vode u tijelo odlagališta i nekontrolirane emisije odlagališnog plina u atmosferu.

Drenažni sloj (oznaka 7.) odvodi procjednu, oborinsku i svaku drugu vodu, smanjuje hidrostatski tlak na brtvenim slojevima te povećava stabilnost na područjima gdje je odlagalište u padu. Na drenažnom sloju se nalazi rekultivirajući sloj (oznaka 8.), a svrha mu je da kod niskih temperatura štiti slojeve od hladnoće, da zaštiti geomembranu od korijena vegetacije, a isto tako i zadržava vodu za potrebe vegetacije. Na njemu se još nalazi jedan sloj geomembrane na kojoj se nalazi humus i zelena površina.

Geotekstil (oznaka 1.) se sastoji od posloženih učvršćenih vlakana kojemu je svrha zaštititi geomembranu od oštećenja. Geomembrana je nepropusna folija (oznaka 2.) a služi za brtvljenje. Nakon provedbe uspješne sanacije, i vršenja monitoringa, sanirano odlagalište se može iskoristiti u različite svrhe, odlagalište otpada na Malti nakon sanacije prikazano je na slici 5 [1,3,9].



Slika 4. Prekrivno brtvljenje i završni prekrivni sloj na odlagalištu [1].



Slika 5. Uspješno sanirano odlagalište otpada na Malti [8].

12. SANIRANA ODLAGALIŠTA OTPADA U SVIJETU

Sanacija odlagališta otpada u svijetu puno je izraženija nego kod nas. Važno je spomenuti da do sanacije najviše drže zemlje Europske unije. U zemljama Europske unije ima mnogo dobrih primjera sanacije odlagališta i iskorištenja tog zemljišta u neku drugu svrhu. Kao primjer jednog dobro saniranog odlagališta otpada odlučila sam spomenuti ono na Malti jer je Malta otočna država stoga je sav otpad ostajao na otoku. Odlagalište otpada nalazilo se u Marsascali i na isto se dovozilo smeće sve do 1970.g. kada je na istom započelo saniranje iz fondova europske unije. Na ovoj lokaciji 2013. g. otvoren je “The Sant’Antnin Family Park“. To je rekreacijski park koji je zamišljen kao prostor za razonodu lokalnom stanovništvu, ali i turistima. Na slici 6 nalazi se “The Sant’Antnin Family Park“ te je prikazano što se sve nalazi u parku: područje za piknik, dva labirinta, dječja igrališta, igrališta za djecu s invaliditetom, vanjska teretana, područje za penjanje, park za pse, vrt u kojem su zasadene masline, nogometno igralište, mjesto za opuštanje i različite druge aktualnosti.



Slika 6. Odlagalište otpada na Malti nakon sanacije.

U samom parku nalazi se centar za edukaciju o gospodarenju otpadom u kojem se informira posjetitelje o gospodarenju otpadom, a stalno se i napominje da je upravo ovaj park nekad bio odlagalište otpada. Na lokaciji se nalaze dva sanirana i projektirana odlagališta Zvejra i Ghaliss, koja su neopasna za okoliš i imaju izvrsne sustave odvodnjavanja, odvodnje i zbrinjavanja plinova.

Kod sanacije ovih odlagališta projekt saniranja bio je podijeljen u dva dijela. Prvo je bilo potrebno napraviti pilot projekt reprezentativnom prostoru, dok je drugi cilj bio ostanak upravo na tom prostoru. Sanacija ovog odlagališta uključivala je: formiranje i prekrivanje padine, konstrukciju zida od 4 kilometra, konstrukciju 230 prostora za sadnju travnatih površina ili drveća, zasađivanje vegetacije po padini, konstruiranje odvodnih kanala i rezervoara.

Važno je napomenuti da su koristili vlastiti inertni otpad za pokrivanje odlagališta u svrhu smanjenja emisije plinova u atmosferu. Tijekom sanacije korišteni su i geosintetički materijali. Otpad na Malti sada se odvodi na novouređeno odlagalište otpada Ghallis [8].

13. SANIRANA ODLAGALIŠTA OTPADA U HRVATSKOJ

Prema podacima “Agencije za zaštitu okoliša” u Hrvatskoj je 2014. godine bilo 312 odlagališta otpada od kojih je 118 sanirano, kod 54 odlagališta sanacija je u tijeku, kod 130 odlagališta sanacija je u pripremi, 6 odlagališta je uređeno, jedno odlagalište je završeno, jedno je završeno ali je u tijeku proširenje te za dva odlagališta nema podataka. Sve se više obraća pažnja sanaciji odlagališta i na otpad se ne gleda na način kao što je to bilo prije. Time se želi pokazati na potrebu sanacije postojećih odlagališta da bi se osigurala bolja budućnost za nadolazeće generacije. Danas se sve više apelira i informira lokalno stanovništvo na razvrstavanje otpada na “kućnom pragu”, a takvim pristupom taj isti otpad kasnije je lakše reciklirati ili pak ponovno uporabiti. Time se uvelike smanjuje količina otpada koja je dovezena na odlagalište kao nešto neiskoristivo. Ukoliko se takav pristup prema otpadu počinje prakticirati, veće količine otpada biti će znatno smanjene, odlagališta će biti manja i za okoliš prihvatljivija.

Kao izrazito dobar primjer saniranog odlagališta otpada odlučila sam izdvojiti onaj u Čakovcu na lokaciji Totovec, kao što je i samo ime odlagališta. Na ovom odlagalištu trenutno se još vrši sanacija, ali većim dijelom ona je izvršena. Otpad se sada na ovu lokaciju dovodi i odlaže na za to primjerenu podlogu, a otpad koji se prethodno tamo dovozio je iskopan i isto tako odložen na nepropusnu podlogu te ovo odlagalište više nije prijetnja podzemnim vodama, a po završetku sanacije neće biti ni okolnom okolišu, bez obzira što će se otpad dalje dovoziti [6,9].

13.1. Odlagalište otpada “Totovec”

Odlagalište neopasnog otpada “Totovec” nalazi se oko 5,0 km južno od grada Čakovca, u blizini naselja Totovec. Odlagalište je smješteno u aluvionu Drave, na geološki i hidrološki nepovoljnom terenu koji se sastoji od šljunkovito-pjeskovitih aluvijalnih sedimenata. Najbliži vodotok je rijeka Drava udaljena oko 1,2 kilometara od odlagališta. Odlagalište otpada “Totovec” koristi se kao odlagalište neopasnog otpada za potrebe grada Čakovca i okolnih općina. Na ovu lokaciju otpad se odlagao od 1974. g., ali je odlagalište isprva bilo neuređeno i nesanirano sve do 2005. g. kada je započela njegova sanacija koja se provodi i danas.

13.2. Sanacija odlagališta otpada “Totovec“

Odlagalište otpada Totovec je među rijetkim odlagalištima otpada kod kojeg se tijekom sanacije postojeći otpad iskopavao i stavljao na nepropusnu podlogu dok se kod većine ostalih odlagališta postojeći otpad samo zatrpavao i na njega se počela stavljati nepropusna podloga. Važećom Lokacijskom dozvolom te Izmjenom i dopunom Lokacijske dozvole¹ tijekom sedam godina radova na sanaciji odlagališta, došlo je do niza promjena u zakonskoj regulativi Republike Hrvatske i na lokaciji, zbog kojih se ukazala potreba za izradom Idejnog projekta – izmjene i dopune, na temelju kojeg je u svibnju 2014. godine izdana Izmjena i dopuna lokacijske dozvole. Predviđeno je da se sanacija obavi na način da se sav stari, prethodno odložen otpad, iskopa, privremeno odloži, obradi te trajno odloži na novoizgrađeni temeljni brtveni sustav, postupak obrade otpada prikazan je na slici 7. Sav novi otpad koji će se naknadno dovoziti na odlagalište biti će isto tako obrađen i odložen.



Slika 7. *Obrada otpada kod sanacije odlagališta “Totovec“ [10].*

Sanacija odlagališta otpada “Totovec“ započela je 2005. g., a traje još i danas. Odlagalište otpada sastoji se od nekoliko cjelina: “Odlagalište neopasnog otpada, reciklažno dvorište za otpad, reciklažno dvorište za građevinski otpad, prostor rezerviran za nove tehnologije te ostale uređene površine između funkcionalnih cjelina i uz granicu zahvata“. Sanacija se provodila (i provodi se) u više faza.

¹ Klasa: UP/I-350-05/13-01/46, Ur.br.:2109/2-05-02-14-07, od 09.

svibnja 2014. godine

13.2.1. Funkcionalne cjeline odlagališta otpada “Totovec“

Na samom ulazu u odlagalište otpada “Totovec“ nalazi se ulazno-izlazna zona, koja je smještena na sjevernom dijelu odlagališta i preko nje se pristupa odlagalištu. Dijelovi ulazno-izlazne zone su: objekt za zaposlene, mosna vaga (služi za kontrolu težine dopremljenog otpada), plato za pranje kotača (služi za pranje donjeg postroja vozila koja napuštaju odlagalište da se blato i smeće ne bi raznosilo na javnu prometnu površinu), garaže sa spremištem, sustavi za odvodnju sanitarnih otpadnih voda i odlagališni prostor.

Odlagališni prostor se nalazi južno od ulazno izlazne zone, površine od oko 35.800 m². Podijeljen je u četiri plohe čija se izgradnja odvija u fazama, trenutno su završene prva i druga ploha, četvrta do pola, a treća je u početku izrade.

13.2.2. Temeljni brtveni sustav na odlagalištu otpada “Totovec“

Temeljni brtveni sustav je projektiran kao cjelina, a sastoji se od izravnavajućeg zemljanog sloja (posteljice, d=25 cm), geosintetskog glinenog tepiha, HDPE obostrano hrapave geomembrane (d=2,50 mm), zaštitnog geotekstila (1000 g/m²), drenažnog šljunka (d=50 cm), filterskog geotekstila (400 g/m²). Na slici 8 prikazano je prekrivanje odlagališta otpada sa geosintetskim glinenim tepihom na kojega je položena geomembrana.



Slika 8. Pokrivanje odlagališta otpada “Totovec [10].

Izravnavajući zemljani sloj se ugrađuje u dno odlagališne plohe i po unutarnjem pokosu obodnog nasipa dok se ne dobije projektna debljina od 25 cm.

Funkcija mu je da osigura dobre kontaktne posmične čvrstoće između nasipanog materijala i geosintetskog glinenog tepiha te da zaštiti geosintetski glineni tepih od mogućih mehaničkih oštećenja. Na ove slojeve slažu se ostali slojevi (GCL, obostrano hrapava geomembrana, zaštitni i filterski geotekstil) te se svi sidre u sidrenom jarku, gdje se spajaju sa slojevima geosintetskih materijala pokrovnog brtvenog sustava.

Nakon završetka radova prekrivanja sa zaštitnim slojevima, na iste se odložio postojeći otpad kao što je prikazano na slici 9. Ugrađen otpad bilo je potrebno oblikovati u skladu sa projektnim visinama i padovima zbog mogućnosti odvodnje oborinske vode u kanale za iste te odlagališnih plinova.



Slika 9. Odlaganje postojećeg otpada na novouređeno odlagalište [10].

Projektom je predviđena izgradnja 17 plinskih bunara čija izgradnja počinje nakon što ugrađeni otpad dosegne visinu jednog metra od filterskog geotekstila u temeljnom brtvenom sustavu, na lokaciji bunara.

Bunari su izgrađeni po etapama i vrše otplinjavanje preko biofiltera, izgradnja bunara prikazana je na slici 10.



Slika 10. Postavljanje sustava za otplinjavanje [10].

13.2.3. Obodni nasip

Obodni nasip ima nekoliko funkcija; predstavlja fizičku granicu plohe za odlaganje otpada, sprječava izlivanje procjednih voda, povećava stabilnost temeljnog brtvenog sustava i tijela odlagališta, povećava ukupni volumen otpada koji je moguće odložiti na plohu. Na slici 11 prikazan je obodni nasip između treće i četvrte plohe na odlagalištu, pošto se na četvrtoj plohi nalazi otpad dok je treća u izradi, obodni nasip ima funkciju fizičke granice za odvajanje otpada, te sprječava izljevanje procjednih voda.



Slika 11. Obodni nasip između treće i četvrte plohe, na odlagalištu otpada "Totovec"

13.2.4. Sustav za odvodnju procjednih voda

Sve oborine koje padnu na odlagališni prostor, manjim dijelom evaporiraju dok većim dijelom prodiru u tlo te tako dopijevaju u tijelo odlagališta i samim time sudjeluju u razgradnji otpada te nose topive štetne tvari. Da bi ove kontaminirane vode ponovo postale prihvatljive za okoliš, one se drenažnim sustavom prikupljaju unutar plohe te se sustavom za odvodnju odvede u bazen za procjedne vode koji je prikazan na slici 12. s ovog bazena voda se može prikupiti i odvesti na pročištač otpadnih voda.



Slika 12. Bazen za procjedne vode na odlagalištu otpada "Totovec"

Sustav za odvodnju je projektiran prema važećoj izmjeni i dopuni Lokacijske dozvole i dimenzioniran je za prihvati: procjednih voda s odlagališnog prostora, oborinskih voda s asfaltiranih površina ulazno-izlazne zone, tehnoloških voda s površine mosne vage i platoa za pranje kotača, oborinskih voda s asfaltiranih površina reciklažnog dvorišta za otpad i oborinskih voda s betoniranih površina reciklažnog dvorišta za građevinski otpad. Sustav za odvodnju podijeljen je na istočni i zapadni dio kojima se putem odvojenih kolektora procjedne vode dovode do bazena za procjedne vode. Na južnoj strani odlagališta smješten je bazen za procjedne vode. U njemu se sakupljaju procjedne vode sa sve četiri plohe odlagališnog prostora, oborinske vode s ulazno-izlazne zone, s reciklažnog dvorišta za otpad i reciklažnog dvorišta za građevinski otpad, vode s površina mosne vage i platoa za pranje kotača. Ovaj bazen ujedno služi i kao taložnik teških čestica iz procjedne vode.

13.2.5. Sustav za odvodnju oborinskih voda

Na odlagalištu se nalazi i sustav za odvodnju oborinskih voda koji je podijeljen na istočni i zapadni kolektor, a njima se oborinska voda dovodi u bazen za oborinske vode. Važno je napomenuti da oborinske vode nemaju nikakav doticaj s procjednim vodama te da su ta dva sustava projektirana kao razdijeljeni sustavi odvodnje. Oborinske vode s asfaltnih površina obodne ceste i prekrivnog brtvenog sustava odlagališnog prostora slijevaju se i sakupljaju u kanal za oborinske vode koji je položen u kruni obodnog nasipa uz unutarnji rub ceste. Bazen za oborinske vode je prikazan na slici 12, a smješten je na južnoj strani odlagališnog prostora. U njemu se sakupljaju sve oborinske vode s asfaltnih površina obodne ceste i oborinske vode s prekrivnog brtvenog sustava odlagališnog prostora.



Slika 12. Bazen za oborinske vode na odlagalištu otpada “Totovec”

Uz sam bazen nalazi se i crpna stanica u kojoj su predviđene dvije pumpe od kojih jedna radi dok je druga za rezervu. Predviđeno je da će se pomoću njih crpiti oborinska voda iz bazena, a zatim će biti korištena za zalijevanje zelenih površina te vlaženje i pranje prometnica unutar granica zahvata. Prije korištenja voda će biti ispitana na propisane parametre. Uz svu potrebnu dokumentaciju odlagalište otpada Totovec je među najbolje saniranim odlagalištima otpada u Hrvatskoj (na nekim dijelovima sanacija još traje) te se na odlagalištu se vrši dnevno sakupljanje i obrada otpada [9].

14. ZAKLJUČAK

Sanacija odlagališta je vrlo složena tema o kojoj se izrazito malo priča. Pretpostavljam da je razlog tome što sama provedba “pravilne” sanacije još danas nije poznata široj javnosti i još uvijek ne postoji službeni pravilnik prema kojem bi se trebala provoditi ili zato što se u postupku sanacije koriste velika novčana sredstva pa se sam postupak provedbe zbog toga drži u tajnosti.

Sanacija odlagališta otpada je vrlo složen proces, sastoji se od niza aktivnosti koje se provode u zaključnu cjelinu saniranog odlagališta. Vrlo je važno da se kod samog procesa sanacije pažnja obrati na okoliš i njegovu zaštitu. Okoliš je vrlo ugrožen, a način na koji se prema njemu postupalo proteklih godina pogoršao je situaciju. Sav otpad koji je bio nekontrolirano odlagan danas postaje velika prijetnja okolišu, bio u većim ili manjim količinama. Stoga je prijeko potrebna sanacija “divljih odlagališta” da bi zaštitili okoliš, a i podzemne vode kojima prijeti onečišćenje.

Sanacija na postojećim odlagalištima potrebna je ukoliko se na istima ne nalazi odgovarajuća podloga koja sprječava prodiranje procjednih voda u tlo ili se njima na bilo koji način onečišćuje okoliš. Ukoliko neko sanirano odlagalište dosegne svoj maksimum potrebno ga je trajno zatvoriti te je na istom preporučljivo izgraditi neki objekt koji će svima biti od važnosti i interesa. Sanacija odlagališta potrebna je svim odlagalištima otpada u Hrvatskoj te je krajnji rok za sanaciju istih do 31.12.2017. godine.

Hrvatska je sve atraktivnija kao turistička zemlja i “divlja odlagališta otpada” ne predstavljaju baš lijepu sliku. Stoga bi se trebali ugledati u druge zemlje koje uspješno saniraju odlagališta otpada i slijediti njihov primjer iskorištenja saniranih odlagališta. Time bi sebi i budućim generacijama osigurali ljepšu i kvalitetniju budućnost.

15. LITERATURA

- [1] Babić B. i suradnici: Geosintetici u graditeljstvu, Hrvatsko društvo građevinskih inženjera, Zagreb, (1995).
- [2] Gdje završava naše smeće, preuzeto: 14.09.2015
www.zagorje.com/clanak/vijesti/gdje-zavrsava-nase-smece-
- [3] Sredojević J.: Obrada i deponiranje otpada, Strojarski fakultet Sveučilišta u Sarajevu, Sarajevo, (2003).
- [4] Otpad, preuzeto: 15.06.2015; <http://recikliraj.hr/recikliranje/otpad-2/>
- [5] Zakonu o zaštiti okoliša (NN 80/13,78/15)
- [6] Agencija za zaštitu okoliša: stanje odlagališta otpada u Hrvatskoj.
- [7] Sačer P.: O sustavima pokrivanja odlagališta otpada, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet Varaždin, (2010).
- [8] Wasteserv: Familypark, preuzeto: 04.07.2015;
www.wasteservmalta.com/familypark
- [9] GKP Čakom: Sanacija i konačno zatvaranje odlagališta neopasnog otpada "Totovec", Glavni projekt (2014).
- [10] GKP Čakom
- [11] Fotogalerija, preuzeto: 15.09.2015.<http://www.masvin-polaca.hr/>